

Bautechnische Studien

anlässlich des

Laibacher Erdbebens.

Vortrag

gehalten in der Vollversammlung des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines

am 8. Februar 1896

von

Adalb. G. Stradal

k. k. Ober-Ingenieur im Ministerium des Innern.

Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1896, Nr. 17 u. 18.

WIEN 1896.

Im Selbstverlage des Verfassers.

Druck von R. Spies & Co.



Hochgeehrte Versammlung!

Im December v. J. wurde von Seite der geehrten Vereinsleitung an den Vorstand des Hochbau-Departements im k. k. Ministerium des Innern das Ersuchen gerichtet, dem Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereine über jene Wahrnehmungen Mittheilung zu machen, welche die nach Laibach anlässlich der Erdbeben-Katastrophe entsendeten Staats-Ingenieure dortselbst gemacht haben. Von meinem Chef mit der Mission betraut, diesem Ansuchen zu entsprechen, gebe ich mir die Ehre, über diesen Gegenstand heute zu berichten.

Bei meinen Ausführungen werde ich zunächst über das Laibacher Erdbeben in bautechnischer Beziehung sprechen, wobei ich die Einleitung und Durchführung der Gebäude-Untersuchungen und das Ergebnis derselben, sowie die Hauptursachen der Zerstörungen anführen und beschreiben will. Bezüglich dieses Theiles kann ich mich um so kürzer fassen, als hierüber bereits seinerzeit in dieser geehrten Versammlung von kompetenter Seite sehr zutreffende Mittheilungen *) gemacht worden sind. Im zweiten Theile meines Vortrages werde ich die Beanspruchungen erörtern, welchen Bauobjecte bei Erdbeben ausgesetzt sind und kennzeichnen, wie weit man gegenwärtig auch in anderen von Erdbeben heimgesuchten Ländern, in dem einem gefühlten Bedürfnisse entsprungenen Bestreben gekommen ist, menschliche Wohnstätten möglichst erdbebensicher herzustellen.

I.

Das Laibacher Erdbeben vom Jahre 1895 gehört zu den stärksten, welches seit Jahrhunderten in Krain beobachtet worden sind. In Bezug auf seine Intensität kann es nach der

*) Kurze bautechnische Mittheilungen über die Zerstörungen in Laibach von k. k. Baurath Julius Koch. (Nr. 18 der „Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ vom Jahre 1895.)

Tabelle Nr. 1. Erdstöße. — Laibacher Erdbeben 1895.

Beobachter: k. k. Forst-Inspections-Commissär W. Putik.	31. März	7 ^h 49	leichte Erschütterung	
	14. April	11 12	leichtes Beben	
		11 16	schwacher Stoß	
	15. April	11 17	Hauptstöße aus SSW. und SSO. Dauer: à 7—8 Sekunden	
		11 20		
		11 41		
		11 45		
		11 49		
		12 01		
		12 02	starker Stoß	
		12 49		
		1 31	stärkerer Stoß	
		2 15	starker Stoß	
		2 46		
		3 27	heftiger Stoß	
		3 49		
		3 53		
		4 04		
		4 11		
		4 19	sehr starker Stoß aus SSO.	
	4 21			
	4 28			
	4 43	starker Stoß aus SSO.		
	4 51			
	4 52			
	5 35			
	6 52			
	16. April	}		
	17. "			
	18. "			schwache Stöße
	19. "			
	20. "	9 16	mittelstarker Stoß	
	30. "	}	Die Erde vibriert fortwährend	
11 17				
1 37				
3 00				
1. Mai	}			
			2. "	
			3. "	
			4. "	
			5. "	täglich schwache Stöße
			6. "	
			7. "	
			8. "	
			9. "	
			10. "	2—3 ^h zwei schwache Stöße 5 58 starker Doppelstoß
10. Juni	8 26	starker Doppelstoß		

Bis Ende Juli zusammen 170 Stöße
bis Ende December 1895: ca. 200 Stöße.

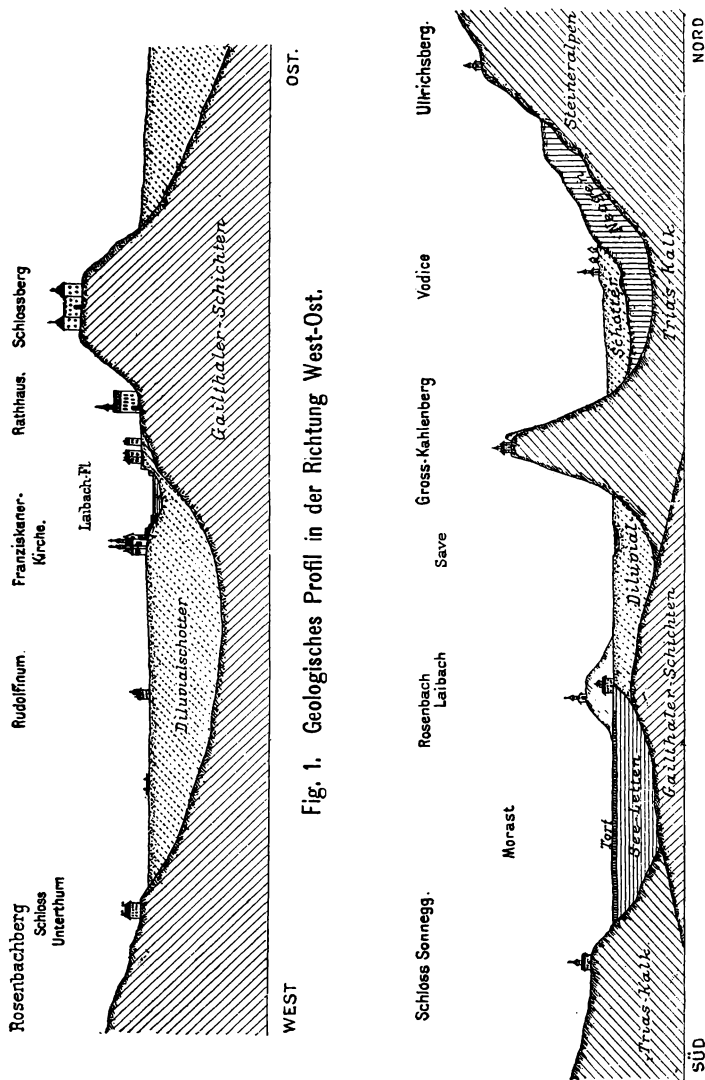
Forel'schen Erdbeben-Scala*) mit Nr. VIII bezeichnet werden. Es begann, wie alle größeren Erdbeben, mit kleineren Erschütterungen, denen keine besondere Bedeutung beigelegt wurde. Die stärkste derselben war am 31. März. Das eigentliche starke Erdbeben begann am 14. März um 11^h 12 Nachts. Um diese Zeit erfolgten die Hauptstöße (siehe Tabelle Nr. 1), welche nicht nur in Laibach, sondern auch anderwärts in Krain die ärgsten Zerstörungen verursachten. Das Erdbeben erstreckte sich nämlich über den größten Theil dieses Kronlandes, wurde aber auch in den angrenzenden Ländern, in Kärnten, Istrien und in Südsteiermark stark verspürt und selbst in noch größerer Entfernung, z. B. in Graz und Wien, dann in Agram etc. wahrgenommen. Sehr stark waren die Erschütterungen in Laibach selbst, am heftigsten aber nördlich von Laibach in Vodice und in allen jenen Ortschaften, welche auf dem nördlich von Laibach sich ausbreitenden großen Schotterbecken liegen (siehe die beiden von Herrn Musealcustos A. Müllner in Laibach construirten geologischen Profile Fig. 1 und 2). In der Stadt Laibach wurde der nördliche Theil, am linken Ufer der Laibach, am stärksten betroffen (Schottergrund und Moorgrund); weniger stark die Stadtbezirke am rechten Ufer des Flusses und am geringsten jene Stadttheile und Straßenzüge, deren Häuser sich knapp am Fuße des Schlossberges erheben und auf dem festen Gestein dieses Berges stehen.

Die Aufgabe der nach Laibach entsendeten Staatsingenieure war eine zweifache: In erster Linie musste durch eine genaue Untersuchung aller Gebäude constatirt werden, wie stark dieselben gelitten und welche derselben (gänzlich oder theilweise) ohne Gefahr für das menschliche Leben noch weiter benutzt werden konnten.

*) Nachstehend die von Forel aufgestellte Erdbeben-Intensitäts-Scala.

- | | | |
|-----|-------|--|
| Nr. | I. | Erschütterungen von mikroseismischer Ordnung |
| „ | II. | Außerordentlich schwache Erschütterung. |
| „ | III. | Sehr schwache Erschütterung. (Nur in der Ruhe liegend bemerkbar.) |
| „ | IV. | Schwache Erschütterung. (Schwanken von aufgehängten Gegenständen.) |
| „ | V. | Mittelstarke Erschütterungen. (Verschieben von beweglichen Gegenständen.) |
| „ | VI. | Starke Erschütterung. (Umwerfen von beweglichen Gegenständen.) |
| „ | VII. | Recht starke Erschütterung. (Beschädigung an Häusern, Umstürzen von Kaminen.) |
| „ | VIII. | Sehr starke Erschütterungen. (Umwerfen von Stadeln und Hütten.) |
| „ | IX. | Außerordentlich starke Erschütterung. (Einstürzen von Häusern solider Construction.) |
| „ | X. | Erschütterung von außerordentlicher Intensität. (Erdspalten, Bergstürze.) |

Es galt also einerseits die tief erschreckte und in Folge der über sie hereingebrochenen Katastrophe fassungslose Bevölkerung zu beruhigen und andererseits drohenden Gefahren vorzubeugen. In



zweiter Linie — jedoch gleichzeitig, — war auch dafür zu sorgen, dass jene Einwohner, welche obdachlos geworden waren und für welche die verschiedenen Nothunterkünfte in öffentlichen Gebäuden, Schulen u. dgl. nicht ausreichten, wenigstens eine pro-

visorische Unterkunft in Baracken erhielten. *) Die Untersuchung des Bauzustandes der Häuser war insoferne schwierig, als während der Durchführung derselben neue Erdstöße vorkamen, durch welche bestehende kleinere Schäden vergrößert und dadurch neue Gefahren für diese Objecte geschaffen oder bestandene erhöht wurden — ganz abgesehen von dem Umstande, dass der Aufenthalt in baufälligen und oft in einem höchst bedenklichen Zustande befindlichen Gebäuden zur Zeit der Erdstöße selbst mit manchen Gefahren für die untersuchenden Ingenieure verbunden war, — dann aber auch, weil Mangels entsprechender Arbeitskräfte in den ersten Wochen nicht sofort alle zum Schutze der Bevölkerung unbedingt nothwendigen Sicherungen ausgeführt werden konnten. Deshalb war es nothwendig, viele Häuser nochmals zu untersuchen und neue Anordnungen zu treffen.

Jedes Haus wurde in allen seinen Theilen besichtigt. Unter Zuziehung des Eigenthümers und womöglich auch des Baumeisters, der dasselbe gebaut (oder wenigstens Bauarbeiten darin ausgeführt hatte), wurde in der Regel mit der Besichtigung desselben von Außen begonnen und hiebei die Lage des Gebäudes, die Beschaffenheit des Baugrundes, die Stellung des Objectes zur Stoßrichtung, die Configuration seines Grundrisses, seine Höhe etc. sowie die Qualität der zur Ausführung verwendeten Materialien constatirt, ferner Daten über die Bauausführung, über das Alter des Hauses, die Benützungsart seit seinem Bestande, etwa vorgenommene Adaptirungsarbeiten und Reparaturen u. dgl. erhoben und nach Feststellung aller wahrzunehmenden Schäden die Besichtigung im Innern, vom Dachbodenraume angefangen herab bis zu dem Keller, fortgesetzt. Dann erst wurde bestimmt, ob und in welchen Theilen eine Weiterbenützung statthaft sei, bezw. welche Sicherungen und Adaptirungen vorher auszuführen wären; endlich ob das Haus gänzlich demolirt werden müsse, nachdem sein Bauzustand als derart schlechter und direct gefährlicher erkannt wurde, dass Reconstructionen überhaupt nichts fruchten würden.

Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde zu Protokoll gebracht und dieser Befund mit dem Gutachten in obgedachter Richtung dem Stadtmagistrate übermittelt, von welchem aus sofort die entsprechenden Weisungen an die Hauseigenthümer ergingen. In allen sechs, bezw. sieben Sectionen, in welche die Stadt zur systematischen Durchführung dieser Untersuchungen eingetheilt worden war, wurde diese Arbeit inclusive der gleichzeitig durchgeführten schätzungsweisen Ermittlung der Schadensziffer für die einzelnen Objecte (im Ganzen 1420) im Verlaufe von vier Wochen vollendet. Hiebei waren anfangs 10, später (von der

*) Ueber „Die Barackenbauten in Laibach“ wird eine specielle Mittheilung erfolgen.

Tabelle Nr. 2. Schätzungsweise Ermittlung des Gesamt-

Eintheilung	I		II	
	Privatgebäude		Städtische Gebäude zusammen 26	Landschaftliche Gebäude zusammen 13
	Zahl	Schaden- summe in Gulden		
Section I	115	128.800	Kuhthal: Infanterie- Kaserne.	Wienerstraße: Civilspital und Spitalskirche.
" II	179	526.400	Gut Tivoli mit Neben- gebäuden.	Triesterstraße: Museum [Rudol- phinum].
" III	119	362.800	Feldgasse 13 und 16: Schulen.	Franz Joseph- straße: Landes- theater.
" IV	320	890.900	Elefantengasse 24, 26 und 28: Verkaufsgewölbe.	Auerspergplatz 3: Landhaus.
" V	225	563.100	Burgstallgasse 11 u. 13: Armenhäuser.	Saleedergasse 3: Landwirth- schaftsgesell- schaft.
" VI	153	180.000	Vegagasse 3 und 5: Löschrequisiten-Depôt.	Herrengasse 2: Burg.
Hühnerdorf, Ilovca ..	zus. 67	} 52.100	Karlstädterstraße 7 u. 9: Armenhäuser.	Jacobsplatz 1: Redoute.
Karolinen- grund....	23		Am Brühl 19, 21 u. 28.	Floriansgasse 4 u. 6.
Hradetzky- dorf, Schwarz- dorf.....	zus. 95		Rathhausplatz 1 u. 2.	Gruberstraße: Landwehr- kaserne.
Hauptmanca	16		Schulallee 12: Lösch- requisiten-Depôt.	Polanastraße 42: Spitalsfiliale.
			Vodnikgasse 8: Metzger- buden.	Polanadam 50: Zwangsarbeits- anstalt.
			Kaiser Josefsplatz 3: Wäscherbuden.	
			Polana-Damm 4.	
			Schlachthausgasse 1: Städtischer Schlachthof.	
			Schießstättengasse 12.	
Summe I .	1312			
Summe II .	104			
Im Ganzen .	1416	2,704.100	34.000 fl.	226.500 fl.

Agram 1880: zusammen ca. 1750 Häuser. Schaden rund
Schaden = 40% Jahreszins; ca. 400 Häuser: Schad. = geringer.

Charlestown 1886: 6956 Gebäude untersucht, davon 90%
Gesamtschaden ca. 5—6 Mill. \$.

Schadens in Laibach (anlässlich des Erdbebens im Jahre 1895).

II		III	IV
Kirchen, Pfarrhöfe und Klöster zusammen 25	Aerarische und Fondsgebäude zusammen 40	Ganz- oder Theil-Demolirungs-Objecte	Anmerkung
Peterskirche und Petersgasse 78: Pfarrhof.	Petersdamm 67: Peterskaserne.	10	NB. Die Einschätzung erfolgte nach dem Bauwerthe des Demolirungsobjectes vor der Erdbeben-Katastrophe.
Petersgasse 89: Pfalz.	Resselstraße 10: Lehrerbildungsanstalt.	37	
Herz Jesukirche. Wiesengasse: Kloster	Vegagasse: Oberrealschule.	24	
St. Vincentius. Kuhthal 11: Siechenhaus.	Barmherzigengasse: Augmentations-Magaz.	25	
Evangelische Kirche. Maria Theresienstraße: Pfarrhof.	Franz Josephstraße: Militärspital und Verpflegungsmagazin.	33	
St. Christoph Friedhofcapelle.	Chrongasse: Inquisitionsgebäude und Schwurgerichtsgebäude.	9	
Ursulinenkirche. Congressplatz 16 und 17: Kloster.	Rain 6: Landesregierungs-Abtheilung.	7	
Deutsche Ordenskirche.	Alter Markt: Landesgerichtsgebäude.		
Marienkirche. Marienplatz 2: Franziscanerkloster.	Kaiser Josefsplatz 1: Fin. Land. Dions-Gebäude.		
Tyrnauer Kirche. Kolesiagasse 1: Pfarrhof.	Seminargasse 4: Seminar.	7	
Jacobskirche und Florianskirche. Floriansgasse: Pfarrhof.	Valvasorplatz 1: Gymnasium.		
Domkirche. Domplatz 5: Fürstbischöfliches Palais.	Schlossberg: Castell.		
Polanastraße 30, 32: Mädchenwaisenhaus.	Südbahn- und Staatsbahn-Gebäude.		
174.100 fl.	Nicht eingeschätzt.	145 10·30/0	Gesamt-Schaden: 3,138.700 fl.

2,000.000 fl., ca. 845 Häuser: Schaden = Jahreszins, ca. 462 Häuser:

beschädigt, zu demoliren 102 Häuser (ca. 1·5/0), Schaden ca. 2 Mill. \$

dritten Woche an) 17 Ingenieure beschäftigt. Das Resultat dieser Untersuchungen ist in der beigeschlossenen Tabelle Nr. 2 übersichtlich zusammengestellt.

Die charakteristischsten Schäden waren, abgesehen von Putzsprüngen, Gesimsabdrückungen, Plafonds- und Hohlkehlenrissen, welche auch in besser construirten Gebäuden anzutreffen waren und bei den vorgekommenen starken Erschütterungen ganz begreiflich sind, der Hauptsache nach die nachstehenden:

Bei geradem Mauerwerke kamen vor: Mauerentrennungen (Fig. 3), Loslösung der Hauptmauern von den Scheidemauern — Fugen durch zwei Geschoße und nach oben stets größer

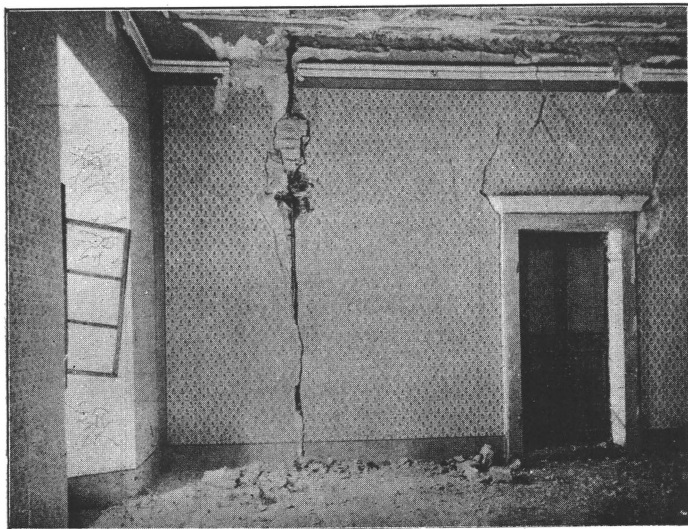


Fig. 3. Großer Mauerriß (Franziskanergasse).

(Die Abbildungen Fig. 3—8 sind nach Aufnahmen aus dem Atelier W. Helfer in Laibach hergestellt.)

werdend — dann Mauerausbauchungen und Quetschungen, namentlich bei ausgebauten Stiegenhäusern mit runden freitragenden Stiegen, z. B. im Rudolphinum, dann Mauer-Einstürze (Fig. 4 u. 5) [Mangels jeder Verankerung]; letztere namentlich bei Giebelmauern und bei den oberen Theilen der Aufmauerungen von Gebäudeflügeln mit Pultdächern, wobei der Bruch stets beim Mauerabsatz constatirt werden konnte.

Bei Gewölben: Gurtenrisse in Thür- und Fensterbögen, (weil dieselben viel zu flach und auch zu schwach — oft nur 25—30 cm stark — hergestellt waren), dann Längsrisse in flachen Platzeln (weil das Widerlager der Gurten nachgegeben hatte), gesprungene Gurten, ferner Loslösungen (vom geraden

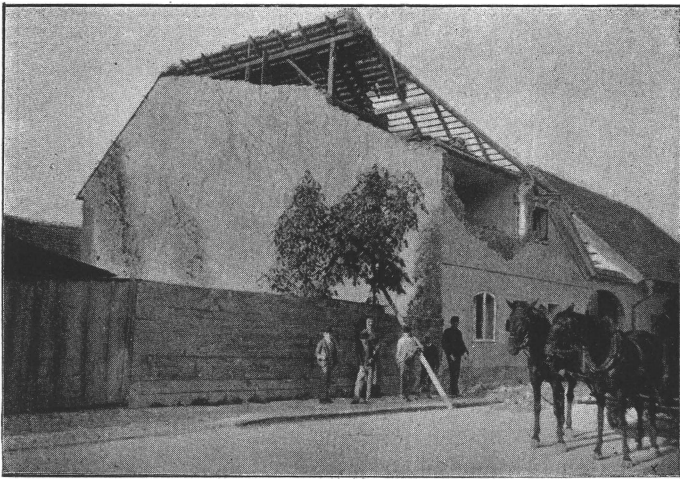


Fig. 4. Eingestürzte Mauern (Kuhthal).

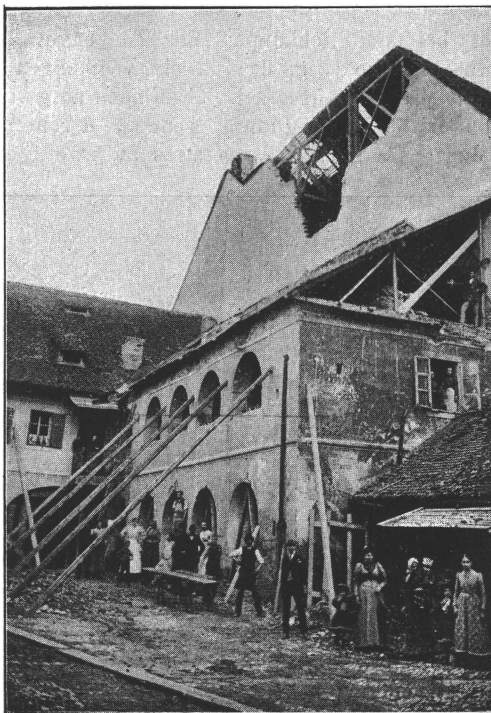


Fig. 5. Eingestürzte Giebel-Mauern. (Hof des Hauses Burgstallgasse 2).

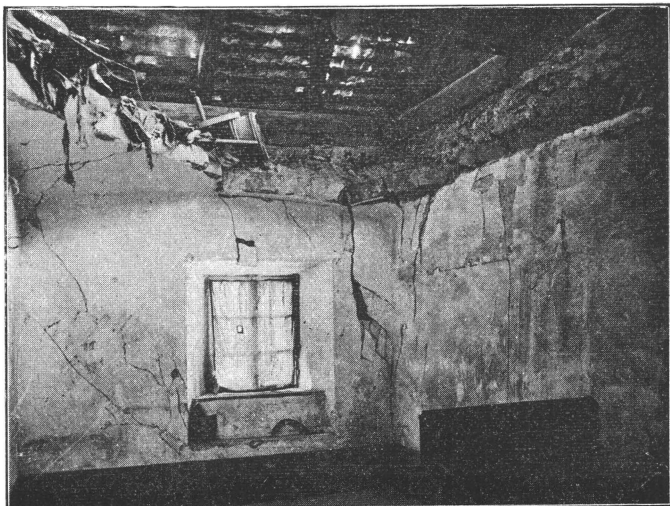


Fig. 6. Eingestürztes Gewölbe im Schusterschitz'schen Hause.

Mauerwerke) bei den Stichkappen der Tonnengewölbe, endlich auch Gewölbeeinstürze (Fig. 6) [da die Wölbungen bei großer Spannweite als preußische Platzel viel zu flach ausgeführt waren); bei Stiegenunterwölbungen (durch Tonnen, deren Axe parallel zur Länge der Stufe ging!) waren stets an zwei Stellen Brüche



Fig. 7. Durch einen Kaminsturz durchgeschlagene Decke (Wohnzimmer im Fürstenhofe).

zu constatiren, die in den oberen Geschoßen ziemlich stark klapften und ein Passiren der Stiege als höchst gefährlich erscheinen ließen. Bei gothischen Gewölben (in Kirchen), deren Rippen im sichtbaren Theile aus Terracottasteinen hergestellt waren, traten Lockerungen in den Fugen und Herabrutschungen einzelner Steine (bis auf 10—15 *cm*) ein; dasselbe kam auch bei den Fensterbögen jener Bauten vor, welche in Verblendmauerwerk ausgeführt waren.

Ein besonders interessanter Fall betraf eine 60 *cm* breite Gurte mit ca. 5 *m* Spannweite (im Parterre des Hauses Nr. 8 Wienerstraße); dieselbe war nicht verletzt, obwohl die sie schützende Schließe [hochkantiges Eisen vom Querschnitte 15 *mm* auf 80 *mm*] gerissen war und die Enden an der Bruchstelle 1 *cm* weit klapften.

Hohe Kamine zeigten verticale (und schräg anlaufende) Risse; auch kamen Verdrehungen bei denselben vor; horizontale Risse (immer bei Mauerabsätzen) zeigten sich seltener. Bei gewöhnlichen Kaminen in Wohnhäusern war in der Regel der außer Dach ragende Theil (sowohl bei schließbaren, als auch bei russischen) abgebrochen und wurde abgestürzt vorgefunden; andere Bruchstellen wurden wahrgenommen im Niveau des Dachbodenpflasters, dann im Niveau der oberen und der unteren Kante der Putzhürl. Manche Kamine müssen in Folge der gewaltigen Stöße im Bogen, ohne das Dach zu berühren, abgestürzt sein; so wurde ein 1·2 *m* langer oberer Theil eines dricylindrigen russischen Kamines im Hofe eines Hauses am Peterdamm auf dem Kopfe stehend und zum Theile in den Erdboden eingegraben vorgefunden; derselbe hätte beim bloßen Abrutschen auf seinem Wege ein dortselbst vorhandenes und gänzlich unversehrt gebliebenes Glasdach durchschlagen müssen. An Dachstühlen waren Verschiebungen und Verdrückungen zu beobachten. Dieselben sind erklärlich, nachdem die Dachconstructions wenig versteift waren und der Schneedruck des Winters 1894/95 und der vorhergegangenen Jahre ohnedies zur Lockerung der einzelnen Theile wesentlich beigetragen hatte.

In Folge des Nachgebens der Haupt- und Scheidemauern kamen auch vielfach Fußbodensetzungen vor.

Die Dachflächen wurden bei Ziegeldächern stark aufgeblättert vorgefunden: überdies war ein großer Theil der Dachziegel losgelöst und herabgestürzt. Die Dächer hatten ferner durch die Kaminstürze, die oft so vehement waren, dass sogar der Dippelboden des obersten Stockwerkes durchgeschlagen wurde (Fig. 7), stark gelitten. Interessant waren die bei zusammengesetzten Objecten und bei Endigungen beobachteten Verdrehungen. — So z. B. bei Thorpfeilern zwischen Sockel, Schaft und Capitäl [Bahnhofstraße (siehe Fig. 8) und bei der Einfriedungsmauer der k. k. Tabak Fabrik], dann bei den Grabsteinen und Monumenten

auf dem Friedhofe, bei einem der Obelisken der Marienkirche, desgl. bei jenem auf dem alten Platze vor dem Rathhause etc. Nicht selten kamen Verdrehungen zugleich mit beträchtlichen Verschiebungen vor. Bei freitragenden Stiegen wurden Trennungen bei den Podesten und bei den Stockwerksanschlüssen, dann gebrochene Stufen, endlich auch Trennungsfugen zwischen den Stufen selbst constatirt.

In den Kellergeschoßen wurden im Allgemeinen keine Schäden wahrgenommen. Solid gebaute und stark construirte Gebäude hatten nur wenig gelitten. Die Höhe der Gebäude war — obwohl dies bei einer rein äußerlichen Besichtigung der Objecte hie und da



Fig. 8. Verdrehungen und Verrückungen bei einem Thorpfeiler (Bahnhofstraße)

nicht so zum Vorschein kam, — von wesentlichem Einflusse auf die Ausdehnung der Zerstörungen. Schwere Dachconstructions wurden viel mehr in Anspruch genommen und wirkten ihrerseits wieder viel nachtheiliger auf die Mauern, als leichtere. Maßgebend war auch die Lage der Gebäude zu den Hauptstoßrichtungen (SW u. SO), dann ihre sonstige Stellung: freistehend, oder in einer Reihe mit anderen Gebäuden, oder als letzte in einer Reihe. Auch die Grundrissform spielte eine Rolle (was man namentl. ich bei den kleineren Gebäuden im Laibacher Moor sehen konnte): Objecte mit quadratischer, also compacter Grundrissform zeigten sich widerstandsfähiger als solche mit rechteckigem Grundriss oder mit Flügelbauten.

Die Mehrzahl der Schäden und die größten derselben kamen bei älteren Gebäuden vor, die schon frühere Erdbeben mitgemacht und unter der Schneelast stark gelitten hatten. Dieselben waren zumeist aus schlechtem Materiale hergestellt und mangelhaft construirt. Es war somit in Laibach derselbe Fall wie in Agram anlässlich des Erdbebens im Jahre 1880. Dort hatten gleichfalls die alten, unsolid construirten Gebäude am meisten gelitten, besonders dann, wenn in denselben planlos mehrfache Adaptirungen durchgeführt worden waren.

Im Allgemeinen konnte in Laibach jeder durch das Erdbeben entstandene Schaden erklärt werden: Jede Scheinconstruction wurde als solche bemerkbar, jede nachträglich hergestellte Gurte oder später aufgeführte Scheidemauer trennte sich los, ebenso wie alte verputzt gewesene Sprünge im Gewölbe und in den Mauern wieder zum Vorschein kamen. Von besonders nachtheiligem Einflusse war die Verwendung minderwerthiger Materialien, die sich stets in der geringen Widerstandsfähigkeit des aus ihnen hergestellten Mauerwerkes äußerte. Der zumeist benützte Golovc-Stein war stark hygroskopisch und wenig lagerhaft; der verwendete Mörtel war nur von geringer Bindekraft. *) Von ungünstiger Wirkung waren auch ungleichartige Deckenconstructions; endlich war es von nachtheiligen Folgen, wenn die Träme für die Oberböden auf eingemauerten hölzernen Rastschließen aufgaben, die — nach kurzer Zeit morsch geworden — nachgaben, den Oberboden bei Belastungen schwingen ließen und diese Schwingungen auf das Mauerwerk übertrugen, dessen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit durch diese fortwährenden Vibrationen natürlich gleichfalls vermindert wurde.

Die Zahl der in Laibach seitens der untersuchenden Commission zur Demolirung beantragten Gebäude beträgt zusammen 145, ist daher 10·30/0. — Im Vergleich zu jenen Ziffern, welche bei den Erdbeben in Agram (1880) und in Charlestown (1886) zu verzeichnen sind (in Agram unter 10 bei 1750 Objecten, in Charlestown circa 1·50/0), ist diese Summe eine sehr hohe und kann

*) Hinsichtlich des verwendeten Kalkes machte man auch in Charlestown (South-Carolina, U. S. A.) nach dem Erdbeben des Jahres 1886 interessante Erfahrungen: Man fand nämlich, dass jene Häuser viel weniger gelitten hatten, welche seinerzeit erbaut worden waren, als man den Kalk noch aus Austernschalen erzeugte, währenddem die Bauten neueren Datums, bei welchen der zum Mörtel verwendete Kalk aus gewöhnlichem Kalkstein gewonnen wurde, stärkere Beschädigungen aufwiesen. Auch wird behauptet, dass man in Charlestown aus dem Grad der Zerstörungen Rückschlüsse auf die seinerzeitigen, während der Herstellung der betreffenden Objecte vorhandenen politischen Verhältnisse ziehen konnte, indem die Qualität des Ziegelmauerwerkes eine bessere oder geringere war, je nachdem in der Stadt mehr oder weniger Ruhe und Ordnung geherrscht hat.

nur erklärt werden durch die Häufigkeit der oben angeführten Mängel.

Um einen beiläufigen Begriff zu geben, was für merkwürdige und ganz abenteuerliche Constructions mitunter angetroffen wurden, sollen im Nachfolgenden einige derselben Erwähnung finden: Es kam vor, dass Hauptmauern (sowohl bei kleineren und ebenerdigen Objecten, als auch bei stockhohen Bauten) nur aus Klaubsteinen und mit schlechtem Mörtel ausgeführt waren; auch wurden Mauern gesehen, zu deren Herstellung Dachziegel (stehend) verwendet waren; selbst hohle (nur mit Schutt gefüllte) Mauern wurden angetroffen, hie und da war auch die Mauerstärke im

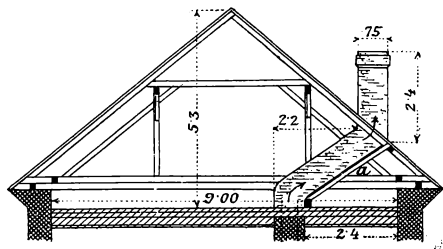


Fig. 9. Schleiung eines schließbaren Kamines. a..... Unterlegte Pfosten.

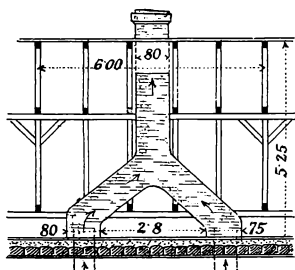


Fig. 10. Zusammenziehung von zwei schließbaren Kaminen.

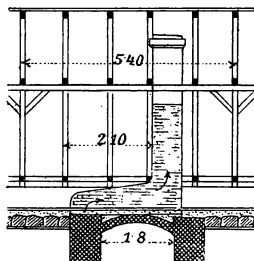


Fig. 11. Horizontal Schleiung eines Kamines über einem Gewölbe.

oberen Geschoße größer als im unteren. Oft wurde jede Verschmattung zwischen Haupt- und Scheidewauern vermisst, auch kam es vor, dass Scheidewauern auf hölzernen Unterzügen (oder auch auf den Trämen der Deckenconstruction) aufruhend hergestellt waren. Die bei früheren Erdbeben schon gerissenen Gewölbe waren nicht ausgewechselt, sondern nur in nachlässigster Weise an die Dachconstruction aufgehängt.

Die Rauchfangköpfe (sowohl bei schließbaren, als auch bei russischen Kaminen) waren viel zu schwer ausgeführt; die Schleiungen der Kamine im Dachbodenraume, ebenso die Zusammenziehungen derselben wurden — und zwar stets bei den schweren,

schließbaren Rauchfängen — in einer Weise ausgeführt, bei welcher schon die geringste Erschütterung des Dachstuhles eine Zerstörung bewirken musste. (Fig. 9, 10 u. 11.)

Bei den Dachstühlen fanden sich nicht nur die Bundgespärre sehr oft erst in Entfernungen von 6 m vor, sondern es waren auch noch die Bundträme selbst durchgeschnitten (um im Dachbodenraume nicht über dieselben steigen zu müssen). Auch waren die Dachconstructions häufig stark belastet, z. B. durch alte, schadhaft gewordene und ausgewechselte Dippelbäume, die über den Bundträmen in Stößen bis zu 60 und 70 cm Höhe aufgeschichtet und deponirt waren etc. etc.

Eine Hauptursache endlich, aus welcher in Laibach so viele ärmere Familien obdachlos geworden sind, waren die in großer Zahl vorhandenen Dachwohnungen, welche in leichtfertigster und primitivster Weise hergestellt, in den meisten Fällen durch die Schwingungen des Dachstuhles allein vollständig zerstört wurden.

Was die Wirkung des Laibacher Erdbebens auf die unterhalb der Erdoberfläche ausgeführten Bauten und Anlagen betrifft, so ist zu constatiren, dass Gas- und Wasserleitungen — so viel bis Ende 1895 bekannt geworden ist — gar nicht gelitten haben. Diese Beobachtung wurde übrigens auch anderwärts, nämlich in Japan gemacht. So berichtet M. H. Pelégrin, Ingenieur der Gaswerke in Yokohama und Yeddo, dass drei Jahre nach der Vollendung dieser Anlagen die Rohrleitung (bei einer Länge von 35 km) auf der unterirdischen Strecke noch keine Störung erfahren habe — selbst nicht in den Theilen, wo schwächere Rohre verwendet wurden, — trotzdem innerhalb dieses Zeitraumes häufig Erdbeben vorgekommen waren.

Auch in Agram konnte mir der städtische Ober-Ingenieur Herr Milan Lenucci mittheilen, dass er unmittelbar nach den starken Stößen des Erdbebens im Jahre 1880 die Wasserwerksanlage untersucht und hiebei zwar das Wasser im Reservoir in heftiger Bewegung angetroffen, an den Bauwerken und an der Rohrleitung jedoch keinerlei Schaden wahrgenommen habe.

Die Brücke über den Laibachfluss, ebenso die Unterbau-Objecte der Südbahn, darunter auch der bekannte zweistöckige Viaduct bei Franzdorf, haben, abgesehen von kleinen Zerdrückungen bei einzelnen Quadern, keinen nennenswerthen Schaden erlitten.

Erst im November 1895, also acht Monate nach dem Erdbeben vom April wurde in Laibach in der Zois-Straße bei einem Béton-Canal (lichte Höhe = 1.90, lichte Breite = 1.30) ein Bruch constatirt. Derselbe war senkrecht auf die Längsachse erfolgt, die entstandene Fuge war circa 2 cm breit.

Interessant und bemerkenswerth ist die gleichfalls beobachtete Erscheinung, dass alle nach dem Erdbeben in Laibach vorgenommenen Aushubarbeiten für Rohrleitungen und Canäle schon bei einer Tiefe von 70 *cm* Pölzungen erforderten, obwohl bei solchen Arbeiten vor dem Erdbeben selbst bis auf eine Aushubtiefe von 2 *m* noch keine Pölzungen nothwendig waren. Es zeigt dies auffallend, wie stark die auf dem Alluvial-Schotter aufliegenden Schichten in Folge der Erdstöße durchrüttelt worden sind und ist begreiflich, wenn man berücksichtigt, welche heftige Bewegungen jedes einzelne Theilchen der Erdoberfläche in Folge der entstandenen Vibrationen ausführt. (Siehe die späteren Figuren Nr. 13—15.)

II.

Ich übergehe nun zur Besprechung der Frage, wie man in Erdbebengegenden bauen soll, bzw. welche Rücksichten man bei der Anlage und bei der Errichtung menschlicher Wohnstätten sowohl als auch anderer Gebäude zu beobachten hat, um dieselben gegen Erdbeben möglichst widerstandsfähig zu machen.

Zu diesem Zwecke sei es gestattet, die Definition zu citiren, welche Mallet von dem Erdbeben gegeben hat. Er sagt: Ein Erdbeben ist die Fortpflanzung einer oder mehrerer Wellen, welche in Folge einer elastischen Compression, von einem Centrum des Impulses oder mehreren Centren ausgehend, in der Erdkruste erzeugt werden und welche sich in irgend einer Richtung und unter irgend einem Neigungswinkel zwischen vertical nach aufwärts und der Horizontalen bis zur Oberfläche der Erde ausbreiten und hiedurch, je nach dem Impuls oder je nach der Beschaffenheit des Landes oder Meeres, sanftere oder tiefere Wellenbewegungen im Terrain oder im Meere hervorrufen. John Milne*) ergänzt diese Definition dahin, dass auch elastische Verdrehungen vorkommen können, welche gleichfalls fortgepflanzt werden und selbst Wellen, welche von Verdrehungen und von Compressionen zusammen herrühren können.

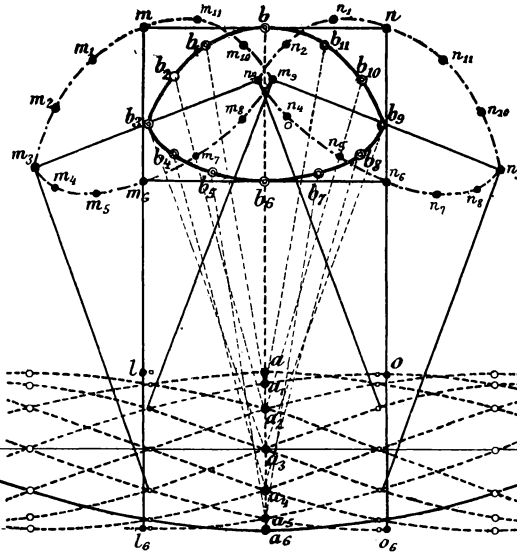
Welche Bewegung vollführt nun ein Punkt an der Erdoberfläche oder über derselben, jedoch mit dieser in einer festen Verbindung stehend, z. B. der oberste Punkt einer Telegraphenstange, bei derartigen Wellenbewegungen und welche Bewegung macht eine starre Verbindung, ein einfaches Bauwerk, z. B. eine Mauer u. dgl.? In dieser Beziehung hat Dr. Franz Wähner anlässlich des Agramer Erdbebens unter Annahme einer transversalen Wellenbewegung der Erdoberfläche interessante Studien angestellt**), auf welche ich hier hinweisen will. (Siehe Fig. 12.) Als Resultat derselben ergibt sich eine hin- und herschwingende Bewegung,

*) Transactions of the Seismological Society of Japan. Vol. XIV

**) Sitzungsbericht der kais. Akademie der Wissenschaften, naturw. Classe. LXXXVIII Bd., I. Abth., 1883.

Fig. 12.

Theoretische Ermittlung der Bewegung
eines Punktes über der Erdoberfläche
(jedoch mit dieser in fester Verbindung
stehend).



x_6 = Amplitude (Höhe) der Welle.

$x_3 y_3$ = Länge der Welle.

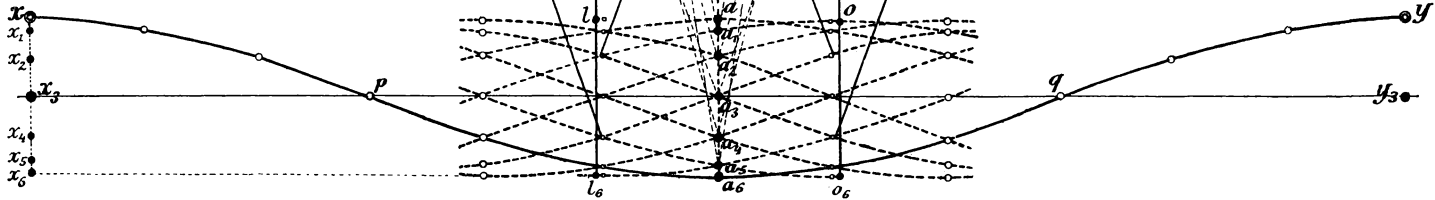
$a b$ = Gerade, die mit der Erde in fester Verbindung steht.

$a - a_6 - a_7$ = Bewegung des Punktes a .

$b - b_3 - b_8 - a_8 - b$ = gleichzeitige Bewegung des Punktes b (Ellipsen).

$l m n o$ = Projection einer Mauer von der Länge $m n$ und der Höhe $l m$.

$m_3 m_8 m_9 m$ } = Bewegung der Punkte m u. n im star
 $n_3 n_8 n_9 n$ } ren Gefüge $l m n o$ (Verzerrte Ellipsen)



welche sich aber wesentlich von einer pendelartigen Bewegung unterscheidet. Während nämlich bei dieser die Geschwindigkeit mit der Entfernung des schwingenden Punktes von der Ruhelage abnimmt, bis sie gleich Null ist, worauf der Punkt sich gegen seine Ruhelage zurückbewegt, um in dieser seine größte Ge-

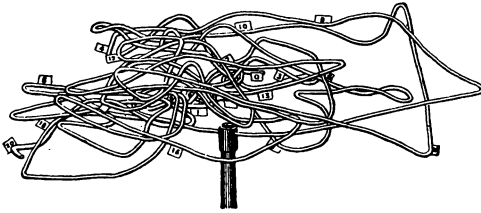


Fig. 13. Beginn bis Ende der 20. Secunde.

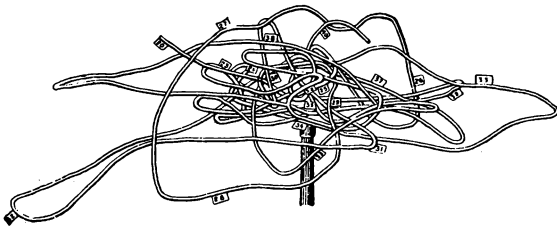


Fig. 14. Von der 20. bis Ende der 40. Secunde.

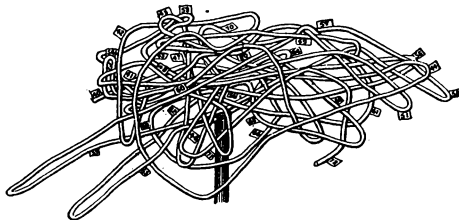


Fig. 15. Bis zum Ende der 72. Secunde.

Prof. Sekiya's Modell, darstellend die Bewegung eines Erdtheilchens während eines Erdbebens. (Sekiya Wires.)

Zehnfache Vergrößerung der factischen Bewegung.

Maximal-Amplituden $\left\{ \begin{array}{l} \text{horizontal } 7.3 \text{ mm } 33.-34. \text{ Secunde} \\ \text{vertical } 1.3 \text{ » } 9. \text{ Secunde.} \end{array} \right.$

schwindigkeit zu erreichen, verhält es sich hier gerade umgekehrt: Die Geschwindigkeit des Punktes *b* wächst und vermindert sich mit der Entfernung von seiner Ruhelage.

Werden die von Dr. Wähler für die Bewegung eines Punktes ermittelten Curven mit jenem Modell verglichen, welches

von Prof. S. Sekiya auf Grund der durch einen Seismographen (mit rotirender Platte) gelieferten Aufzeichnungen über die horizontale und verticale Bewegung bei dem Erdbeben vom 15. Jänner 1887 zu Tokio constatirt und in Kupferdraht zur Ausführung gebracht worden ist*) (Fig. 13 bis 15), welches Modell also die factisch gemessene Bewegung eines Erdtheilchens darstellt, so ist unschwer zu erkennen, dass manche Theile dieses vielfach verschlungenen Linienzuges Aehnlichkeit mit den auf reintheoretischem Wege ermittelten Curven (Ellipsen und verzerrte Ellipsen) zeigen.

Zur Ermittlung der Geschwindigkeit, mit welcher sich die an der Erdoberfläche wahrgenommene Bewegung auf einzelne Punkte eines Gebäudes überträgt, sowie zur Constatirung des Unterschiedes in der Intensität dieser Schwingungen an verschiedenen Punkten desselben Gebäudes, wurden in Japan — dem Lande der Erdbeben**) — interessante Versuche durchgeführt.

Hiebei bediente man sich der Seismographen und Seismometer, welchen Apparaten dortselbst in Bezug auf die Genauigkeit und Verlässlichkeit ihrer Angaben vollständiges Vertrauen entgegengebracht wird, nachdem die Construction derselben weniger auf

*) A Model showing the motion of an Earth-particle during an Earth quake. By S. Sekiya. Professor of Seismology, Imperial University. The Journal of the college of science, Imperial University Japan. Tokyo-Japan. 1887. Vol. I, pag. 359.

**) Japan wird, wenn man von kleineren Erdbeben absieht, die beinahe jedes Jahr vorkommen, im Durchschnitte alle 50 Jahre von sehr starken Erdbeben heimgesucht, gegenüber Krain, woselbst — wie aus der hier beigegebenen chronologischen Zusammenstellung (Tabelle Nr. 3) der beobachteten Erdbeben entnommen werden kann — durchschnittlich alle 200 Jahre ein stärkeres Erdbeben vorkam. Von welcher Intensität die japanischen Erdbeben sind, lässt am besten die nachfolgende, von Dr. Ed. Naumann anlässlich der Zusammenstellung aller seit dem 7. Jahrhundert auf Japan beobachteten Erdbeben aufgestellte und im Band II der „Mittheilungen der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens“, Yokohama 1876—1880 veröffentlichten Intensitäts-Scala erkennen.

Intensitäts-Scala von Dr. Naumann.

(Zusammengestellt für eine Eintheilung der japanischen Erdbeben der letzten 1200 Jahre.)

1. Grad: Erdbeben.
2. „ Großes Erdbeben.
3. „ Sehr großes Erdbeben.
4. „ Das Erdbeben hat einen drohenden Charakter. (Gebetsbuch verlesen.)
5. „ Einstürze von Wohnhäusern.
6. „ Größere Schäden.
7. „ Ganze Städte vernichtet.
8. „ Ganze Städte vernichtet. Bergstürze. Spaltenbildungen.
9. „ Das vorige, verbunden mit Fluthwellen.

Hypothesen als vielmehr auf die bisher factisch beobachteten Erdbewegungen selbst basirt ist. *)

Bei diesen Versuchen nun wurde nicht nur gefunden, dass die Schwingungen in den oberen Geschoßen der Gebäude größer sind als in den unteren, sondern auch, dass dieselben in hölzernen Gebäuden stärker sind als in Ziegelbauten. Die bei einem und

Tabelle Nr. 3. Erdbeben in Krain (792—1895).

Intervall in Jahren	E r d b e b e n	Dauer
208	792 „ein gewaltig starkes“, Valv. XIV., 248..	—
340	1000 „ein entsetzliches“, l. c. XI, 709	—
	1340 (48?) „ein gewaltiges“, l. c. XV, 321	40 Tage
171	1508	—
	1511 (24. März)	ca. 180 Tage
178	1575 „ein starkes Beben“, l. c. XI, 716	—
	1590, 1621, 1622	—
	1625 „großes Erdbeben“	} Valv. XV, 591—593
	1626	
	1640 „großes Erdbeben“	
	1641 „ein starkes Erdbeben“, Valv. XI, 721	—
	1643	—
	1669 „mit unglaublicher Gewalt wiederholt“, Valv. XI, 725	—
	1670, 1672, 1684	—
	1689 „ein gewaltiges Erdbeben, dergleichen man bei menschlichem Alter nit ge- denkt“, Valv. XV, 608	—
1691	—	
206	1699, 1750 (Fiume)	—
	1800 1819, 1822 (Aleppo), 1823, 1825, 1829, 1830	—
	1833—1834 (Toscana), 1835, 1836, 1840, 1845 (!), 1850, 1852, 1856 (!), 1857, 1858, 1870	—
	(Klana), 1878, 1883	
	1895 (14. und 15. April)	—

(Die fettgedruckten Zahlen geben an, welche Erdbeben auch in Laibach wahrgenommen wurden.)

Anmerkung: Große Agramer Erdbeben: 1502 (25. Februar).
1590 (September).
1880 (9. September).

*) In Japan werden mit den Seismographen Messungen jeder Art von Erschütterungen vorgenommen, z. B. auch solcher, welche bei Brücken durch rollende Lasten hervorgerufen werden. Vergl. hierüber „Engineering“, Jänner 1896.

demselben Erdbeben angestellten Messungen ergaben nämlich das in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Resultat:

Ort der Beobachtung	Amplitude in Millimeter
Außerhalb der Gebäude auf dem gewöhnl. Erdboden .	2·5
Ziegelbau im unteren Geschoße	1·8
„ im oberen „	2·8
Holzbau im unteren „	3·5
„ im oberen „	6·1

Durch ähnliche Messungen (in einem ca. $10' = 3\cdot0\ m$ tiefen Schacht) wurde weiters gefunden, dass sich die an der Sohle desselben auftretenden Schwingungen in Bezug auf ihre Intensität (Amplitude) zu jenen an der Erdoberfläche beobachteten verhalten, wie 1 : 43, in anderen Fällen wie 1 : 52 und selbst wie 1 : 82.

Auch wurden zur Erörterung der Frage, ob und inwieweit die Gestaltung der Erdoberfläche (Erhebungen und Senkungen) bei derselben Grund- und Bodenbeschaffenheit einen Einfluss auf die Intensität der Zerstörungen der Gebäude durch Erdbeben habe, Experimente ausgeführt in der Weise, dass Erschütterungen auf künstlichem Wege hervorgerufen wurden (durch den freien Fall einer Kugel im Gewichte von 1710 engl. Pfd. = 750 kg aus verschiedenen Höhen, bis zu 10 m, dann durch Explosionen mittelst Dynamit oder Schießpulver); hiebei wurde constatirt:

1. dass Terrainerhöhungen (Hügel) im Allgemeinen die entstandenen Vibrationen nur wenig aufhielten,
2. Ausgrabungen hingegen in dieser Beziehung einen ziemlichen Einfluss auszuüben im Stande sind,
3. dass es leichter war, Schwingungen von beträchtlicher Dauer und großer Amplitude in weicherem Grunde zu erzielen, währenddem es
4. in trockenem Boden nur möglich war, Schwingungen von großer Amplitude und kurzer Dauer zu erzeugen, endlich
5. dass es ziemlich schwer fällt, in weichem Felsen Schwingungen zu erzielen, deren Amplituden noch gemessen werden können.

Eine Serie von Experimenten hinsichtlich der relativen Schwingungsdauer wurde schließlich von John Milne mit Hilfe einer höchst einfachen Vorrichtung ausgeführt, welche aus drei ca. 45 cm langen Bambusstäbchen besteht, die an ihren unteren Enden in einer gemeinschaftlichen Bodenplatte festgemacht, an den oberen Enden jedoch mit Bleiplatten (und zwar zwei davon mit gleich schweren, das dritte mit einer solchen von anderem

Gewichte) versehen waren. Dieser Apparat wurde auf einem Tischchen mit schwachen Füßen, theils directe auf demselben, theils durch Vermittlung von unterlegten Glaswalzen auf demselben aufsitzend, durch Stöße in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt. Die gleichartigen Schwingungen der gleich beschwerten, bezw. die ungleichartigen Schwingungen der ungleich beschwerten Stäbchen gestatten eine Reihe von Schlüssen in Bezug

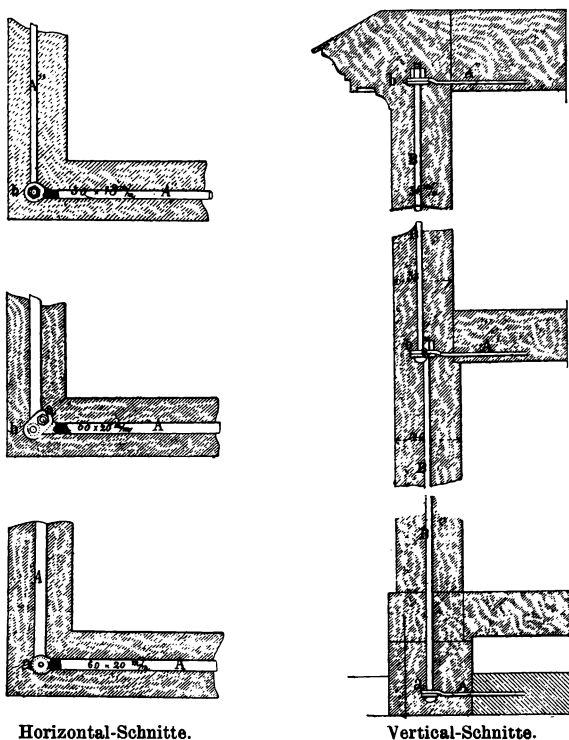


Fig. 16. Sicherung von Constructions gegen Erdbeben nach System Lescasse. Maßstab ca. 1:40.

auf die Ausführung einer dauerhaften Verbindung gleichartig schwingender, resp. ungleichartig schwingender Gebäudetheile.

Alle diese Versuche zeigen, dass es die Vibrations sind, in die alle auf der Erdoberfläche stehenden Objecte durch ein Erdbeben versetzt werden, welchen die eingehendste Beachtung geschenkt werden muss und dass auf jene, durch diese Vibrations hervorgerufenen und im horizontalen Sinne wirkenden Kräfte, welche

sonst, wenn man die Gebäude nur einfach nach den Gesetzen der Stabilität zu construiren hat, nicht beachtet werden, in diesem Falle eine besondere Berücksichtigung erheischen.

Gegen diese durch die Schwingungen hervorgerufenen horizontalen Beanspruchungen wird im Allgemeinen durch Schließen ein Schutz gewährt; allein, auch im Besonderen und für jedes Detail der betreffenden Construction kann entsprechend vorgesorgt werden. Dies ist denn auch factisch bereits in den meisten von Erdbeben heimgesuchten Orten geschehen und es haben sich so der Reihe nach anlässlich der großen Erdbeben auf Manilla (18. und 20. Juli 1880), dann auf Ischia (1883), ebenso auch in Folge der Wahrnehmungen bei den Erdbeben in Calabrien, dann jener in Columbia, Ecuador, Venezuela, Mexiko, Guatemala, in Afrika (Mascara, Provinz Oran), welche also seitens der Italiener, Spanier, Portugiesen, Franzosen und Engländer gemacht worden sind, ganz besonders aber auf Grund der in Japan angestellten Beobachtungen nicht nur eine Anzahl mehr oder weniger vollkommener „erdbebensichere Constructions - Systeme“ entwickelt,

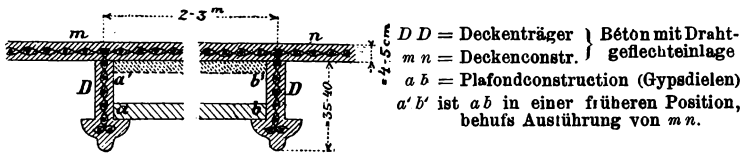


Fig. 17. Zwischendeckenconstructionen nach System Cottançin.

sondern es sind in den für diese Länder geschaffenen Bauvorschriften wichtige Bestimmungen aufgenommen worden, die zum großen Theile verdienen, auch anderwärts beachtet zu werden.

Von den erdbebensicheren Constructions - Systemen sind zu erwähnen: das System *Lescasse**) und das „*Baraccato*“-System. Ersteres besteht, wie aus der Fig. 16 entnommen werden wolle, in der Anwendung eines Systems horizontaler (Flacheisen-) und verticaler (Rundeisen-)Schließen. Bei dem System „*Baraccato*“ dagegen**) wird zunächst ein kräftiges Fachwerk aus Holz oder Eisen mit gutem Horizontal- und Vertical-Verbande hergestellt und sodann die Ausmauerung der Fächer durchgeführt. Die zur Ausmauerung dienenden Steine sollen möglichst leicht sein und werden gegen das Herausfallen nach Innen oder

*) Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils. Paris. Année 1877, pag. 215.

**) Die Wiederverbauung der Insel Ischia. „Centralbl. d. Bauverwaltung“, 1884.

Außen noch durch geeignete Mittel — Uebernageln von Latten auf den Flächen hin und her u. dgl. — gesichert.

Unter den neuesten Constructionen sind es jene aus Beton mit Drahtgeflecht-Einlage, welche sich zur Ausbildung von erdbebensicheren Constructionen-Systemen besonders eignen würden, z. B. das System Monier, das System Cottançin u. s. f.

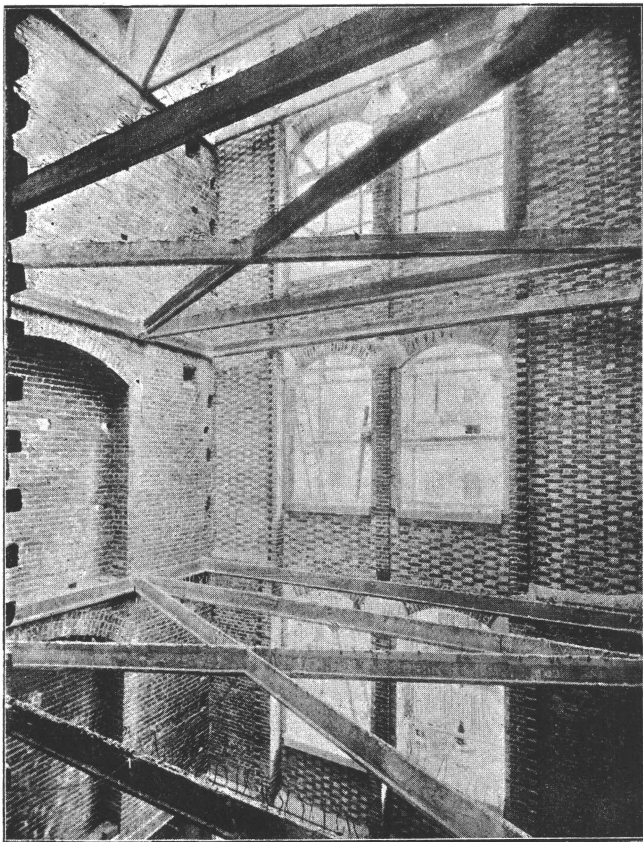


Fig. 18. Deckenconstructionen nach System Cottançin.
(Träger aus Béton mit Drahtgeflechteinlage.)

Namentlich das letztere, bei uns noch wenig bekannte, in Frankreich jedoch vielfach angewendete System*), nach welchem dort auch die Deckenträger (Fig. 17 und 18), sowie die Dachconstruc-

*) Travaux en ciment avec ossature métallique. Par P. Cottançin. Bulletin et compte rendu des travaux de l'association des Architectes français. III. Vol. Nr. 8 et 9. Aout—Septembre 1895. Paris.

tionen (Fig. 19), dann Säulen etc. ausgeführt werden, würde sich hiezu besonders eignen, indem es nicht schwer fallen kann, dasselbe noch weiter zu entwickeln und auf diese Art ganze Fachwerksbauten auszuführen, bei denen im Gegensatze zum hölzernen Fachwerksbau und zum eisernen Gerippbau der Vereinigten Staaten, die wesentlichsten Constructionstheile durchwegs als Beton-Eisenconstructions, daher eine feste, solide und auch gegen horizontale Inanspruchnahmen genügend widerstandsfähige Verbindung bildend, ausgeführt sind.

Was die einzelnen für die verschiedenen Länder speciell anlässlich der Erdbeben geschaffenen Bauvorschriften betrifft, so

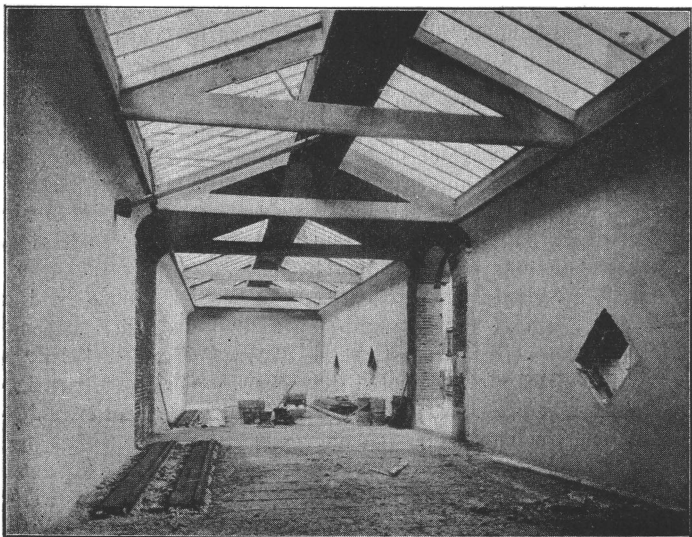


Fig. 19. Dachconstruction nach System Cottançin.

würde es zu weit führen, alle Details derselben hier wiederzugeben, weshalb ich mich darauf beschränke, unter Benützung einiger diesbezüglich von John Milne gemachten Bemerkungen*) eine kurze Zusammenstellung der in diesen Bauvorschriften zum Ausdruck gebrachten Principien und aufgestellten Regeln zu geben.

Nach den gemachten Erfahrungen hat man im Allgemeinen die Wahl, nach zweierlei Methoden zu bauen:

1. nach dem Princip der Stahlbüchse, d. h. stark und massiv,
2. ganz frei und leicht.

*) Construction in Earthquake Countries: An Epitom of Information etc. By John Milne. Transact. of the Seismologic. Society of Japan. Vol. XIV.

Nach der zweiten Methode*) kann wohl nicht in allen Klimaten vorgegangen werden; dieselbe findet selbst in den Tropengegenden (Manilla) und in Japan eine beschränkte Anwendung und zwar nur für Häuser niederster Ordnung, welche eben billig gebaut werden müssen.

In Städten jedoch, wo auch die Feuersicherheit eine Rolle spielt, dann in unseren Klimaten, wird man fast stets auf die erste Methode zurückgreifen und beinahe immer Gebäude herstellen, welche solid und widerstandsfähig gegen den Einfluss der Witterungsverhältnisse und feuersicher construirt sind. In meinen weiteren Ausführungen werde ich deshalb nur von derartigen Bauwerken sprechen.

Bei der Projectirung und Anlage solcher Objecte sind es zwei wichtige Forderungen, die in erster Linie zu berücksichtigen sind :

1. ist für das Bauobject eine gute Baustelle (in Bezug auf den Baugrund) auszusuchen, oder es ist demselben ein solches Fundament zu geben, dass es möglichst wenig Stöße empfängt;
2. das Gebäude ist derart auszuführen, dass es den horizontalen Inanspruchnahmen am besten Widerstand leistet.

Zur Erfüllung dieser beiden Forderungen hat man hinsichtlich des Baugrundes und der Fundirung, dann der wichtigsten Constructionen etc. Folgendes zu beachten :

I. B a u g r u n d. Am besten erscheint es, den Grund und Boden durch eine eigene Commission prüfen und untersuchen zu lassen, welche im Stande ist, seine Eignung mit Rücksicht auf die in demselben stattfindenden seismischen Vorgänge richtig zu beurtheilen. Dieselbe wäre somit aus Fachleuten, wie Ingenieure, Architekten, Geologen etc. zusammensetzen. Es sollen ganz bestimmte Plätze als geeignet, andere als weniger geeignet bezeichnet und hiemit zugleich ausgesprochen werden, nach welcher Richtung die Erweiterung der Stadt mit Rücksicht auf den besseren Baugrund, empfohlen werden kann. Dies ist z. B. in Tokio geschehen; auch auf Ischia wurde ähnlich vorgegangen, indem gewisse gefährdete Districte direct mit dem Verbauungsverbot belegt worden sind. In Ischia ist es ferner nach den Bauvorschriften gestattet, das Bausystem der Beschaffenheit des Grund und Bodens anzupassen, so dass einzelne Vorschriften für die Sicherheit des Bauwerkes variabel sind und sich nach der Classification des Baugrundes richten.

Dass im Allgemeinen ein fester Baugrund stets vorzuziehen ist, wird, obwohl auch gegentheilige Anschauungen laut geworden sind, durch die Erfahrungen bei den meisten Erdbeben bestätigt.

*) Hierher gehören auch alle Holzbauten nach dem Princip des Blockhauses, welche natürlich ziemlich erdbebensicher sind, nachdem sie eine feste Verbindung und dabei gleichzeitig eine gewisse Elasticität besitzen.

Als Beweis hiefür mögen nachstehende Auszüge aus Berichten über Erdbeben-Katastrophen dienen:

Jamaica (1692): Gebäude, welche auf festem Kalkstein erbaut waren, blieben unversehrt, wogegen die auf Sand und Schotter errichteten zerstört wurden.

Lissabon (1737): Am meisten litten Gebäude, welche auf blauem Thon (Tegel) fundirt waren. Auf diesem war der größte Theil der unteren Stadt erbaut. Gebäude, die auf Kalkstein oder Basalt standen, wurden nicht zerstört.

Messina (1846): Der auf Alluvialschotter stehende Stadttheil wurde zerstört, währenddem die höher liegenden Theile, die auf Granitfels erbaut sind, gar nicht oder nur sehr wenig gelitten haben.

Calabrien (1783): Stadtbezirke, deren Untergrund aus Schotter, Sand oder Lehm bestand, wurden stark mitgenommen, währenddem die Gebäude auf den Hügeln der Umgebung (Schiefer und Granit) nicht beschädigt waren.

San Francisco (1868): Die hauptsächlichsten Zerstörungen waren an Gebäuden wahrzunehmen, die auf dem Alluvium standen.

Telacahuano (1835): Die einzigen Häuser, welche ohne Beschädigungen davon kamen, waren jene, welche auf Felsgrund standen. Alle auf sandigem Boden erbauten Gebäude wurden mehr oder weniger zerstört.

Beim Erdbeben von Calabrien (1783) wurde auch beobachtet, dass die Zerstörungen in jenen Städten stärker waren, welche an der Grenze zwischen weichem und felsigem Grunde (Granit) erbaut waren. Es scheint, heisst es in dem bezüglichen Berichte, als ob sich die Erdbebenwellen hier gebrochen hätten (Reflexion) und eine Art Brandung erzeugt worden wäre.

Auf diese Weise ließen sich auch (siehe geolog. Profil Fig. 3) die starken Zerstörungen in Vodice (nördlich von Laibach) erklären.

II. Fundirung. Nachdem in der Tiefe geringere Vibrationen auftreten, erscheint es angezeigt, die Gebäude möglichst tief zu fundiren. Das Fundament soll compact hergestellt werden; es ist die Ausführung von zusammenhängenden Fundamenten zu empfehlen. So schreibtz. B. die Bau-Ordnung von Ischia*) vor, dass bei Gebäuden, welche nicht auf solidem Grunde erbaut werden, eine Fundamentplatte — womöglich aus Beton — hergestellt werde, wenigstens 70 cm stark (für eingeschobige Gebäude) und 1·2 m für zweigeschoßige Objecte. Diese Fundamentplatte muss 1·0—1·5 m breiter sein, als der Aufbau.

In Manilla**) besteht die Vorschrift, das Fundament so anzulegen, dass es im Stande sei, doppelt so viel zu tragen, als unter normalen Verhältnissen, d. h. in erdbebenfreien Ländern.

*) Relazione della Commissione per le Prescrizioni Edilizie dell' Isola d'Ischia istituita dal Ministro dei Lavori Pubblici, dopo il terremoto del luglio 1883 (pp. 43—86), Roma 1883; dann „Centralblatt der Bauverwaltung“, Berlin. Jahrgang 1884.

**) Building Regulations for Manila (17th August 1880); drawn up in consequence of the earthquake of 18th and 20th July 1880.

Auch hier wird Concret seiner vorzüglichen Eigenschaften und der Massigkeit der Construction wegen, der Vorzug gegeben.

Um einem Gebäude nur ein Minimum von Stößen zu kommen zu lassen, kann man es auch frei fundiren: auf Kugeln lagernd. Diese Methode, nach welcher in Japan einige Häuser, dann auch einige Leuchttürme fundirt sind, eignet sich jedoch im Allgemeinen nur für leichtere Gebäude, welche auf weicherem Boden erbaut werden sollen.

III. Gewölbe. Diese wichtigen Constructionen sind wohl geeignet, vertical wirkenden Kräften zu widerstehen, nicht aber gleichzeitig auch horizontal wirkenden. In Folge dessen sind bei Anwendung derselben in Erdbebengegenden eigene Vorschriften nothwendig.

Auf Ischia sind Gewölbe nur in Kellern erlaubt, wobei dieselben $\frac{1}{3}$ der Spannweite als Pfeilhöhe und eine Scheitelstärke von mindestens 25 cm haben müssen.

In Manilla sind Kreuzgewölbe überhaupt nicht gestattet und andere Gewölbearten nur dann erlaubt, wenn dieselben durch Schließen entsprechend versteift zur Ausführung gebracht werden.

Gewölbe über dem Erdboden (also als Deckenconstructionen vom Erdgeschoße angefangen) sind in diesen Ländern überhaupt verboten. Auch haben die betreffenden Regierungen verfügt, dass bestehende Gewölbeconstructionen über dem Erdboden — nachdem dieselben stets eine Gefahr bedeuten — abzutragen sind.

Nachdem der Bogen in der Façade (als Fenstergurte, Thürbogen etc.) aus architektonischen Rücksichten nicht gut vermisst werden kann, soll derselbe bei der Ausführung nicht zu flach gehalten und stets durch Schließen gesichert oder durch Trägerüberlagen geschützt werden.

IV. Thüren- und Fensteröffnungen. Diese bringen stets in den betreffenden Mauern Schwächungen hervor und sind auch gewöhnlich jene Stellen, von welchen die entstandenen Risse und Sprünge ausgehen. In Bezug auf ihre Anordnungen enthalten die von mir durchgesehenen Bau-Ordnungen keine speciellen Vorschriften. Interessant jedoch ist es, dass John Milne der Ansicht ist, dass die Fensteröffnungen der einzelnen Geschoße nicht unbedingt übereinander angeordnet zu sein brauchen; dass vielmehr in eine Mauer (Hauptmauer), in welcher diese Oeffnungen z. B. erst in jedem zweiten Geschoße wieder übereinander sitzen, während dieselben in den zwischenliegenden Stockwerken um eine halbe Fensteraxendistanz verschoben sind, relativ mehr horizontale Steifigkeit komme.

Hinsichtlich der Größe der Fensteröffnungen schreiben italienische Bau-Ordnungen vor, dass die Breite im Maximum 1.5 m betragen dürfe; auch wird empfohlen, die Thüröffnungen

in einer Entfernung von mindestens 1.5 m von der Gebäudeecke weg und an jener Stelle zu setzen, woselbst das Gebäude, in Folge der beim Erdbeben vorkommenden Vibrationen, frei schwingen kann. Bemerkenswerth und deutlich genug erscheint auch die Bestimmung, die Thüröffnungen so zu situiren, dass man durch dieselben rasch in's Freie gelangen könne.

V. Kamine. Jeder Constructeur hat zu trachten, dass Gebäudetheile, welche verschiedene Schwingungsperioden haben, so fest als möglich miteinander verbunden, oder gänzlich ohne jeden Verband mit einander ausgeführt werden. Von dieser Erkenntnis geleitet, wurden in Japan schon seit dem Jahre 1880 hohe Kamine immer freistehend erbaut, nachdem ihre Schwingungen nur selten mit den des Hauptgebäudes in Einklang zu bringen sind. Auch die Bau-Ordnung von Ischia schreibt freistehende, hohe Kamine vor. Josiah C o n d e r, ein Architekt, welcher eine sehr interessante Beschreibung der Wirkungen des starken Erdbebens in Japan vom Jahre 1893 gegeben hat, meint, es wäre am zweckmäßigsten, eiserne Kamine zu bauen. Auch wäre es gut, die kleineren Kamine bei gewöhnlichen Wohnhäusern, als eiserne zusammenschiebbare und gut verankerte Kamine herzustellen. Gegenwärtig jedoch werden solche Kamine in Japan noch gemauert, dabei äußerst widerstandsfähig (mit ziemlicher Mauerstärke) und möglichst kurz gemacht; zugleich wird beobachtet, dass sie frei durch das Dach hindurch gehen und nicht mit schweren Deckplatten überladen sind.

Was die auch hieher gehörigen Thurmbauten betrifft, z. B. bei Kirchen, so wird empfohlen, dieselben nur wenig höher als den Kirchenbau selbst auszuführen.

VI. Verbindung verschiedener Theile von Gebäuden. Das schon oben beschriebene System L e s c a s s e wurde auch bei einigen Häusern in Tokio und Yokohama angewendet. Allein die Erfahrung lehrte, dass man mit demselben sehr vorsichtig sein müsse, indem es — nicht sehr sorgfältig ausgeführt, — eher zu stärkeren Zerstörungen der Gebäude beitragen kann. In Italien hat dieses System bisher keine Anwendung gefunden, nachdem daselbst zumeist das Baraccato-System bevorzugt wird.

Zwischendecken-Constructionen schwingen, wenn dieselben nicht solid und fest mit den Mauern verbunden sind, für sich allein und erzeugen innere Kräfte, welche nachtheilig auf das Gebäude wirken. Andererseits wieder soll die Verbindung verschiedener Constructionstheile untereinander nie so hergestellt werden, dass Spannungen entstehen, bei deren Auslösung verderbliche und schädigende Wirkungen hervorgerufen werden können.

VII. Dächer. Die oberen Partien der Gebäude sollen möglichst leicht gemacht werden. Schwere Dächer haben, wenn dieselben in Schwingungen kommen, stets das Bestreben, sich los zu trennen. In Folge dessen wird ein Bruch entstehen, sei es im Mauerwerke, auf welchem dieselben aufrufen und mit dem sie in fester Verbindung stehen, sei es in der Dachconstruktion selbst. Aus diesem Grunde könnten leichte eiserne Dächer empfohlen werden, wenn dieselben nicht andererseits den Nachtheil hätten, dass sie schweren Stürmen nicht gut widerstehen und dass sie im Sommer das Haus sehr heiß machen.

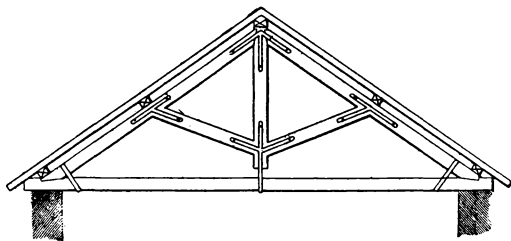


Fig. 20.

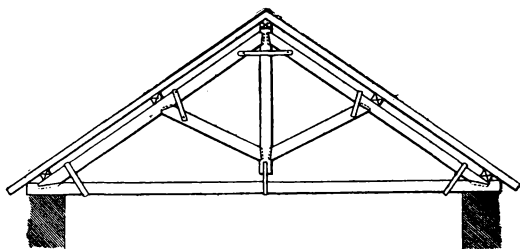


Fig. 21.

Versteifungen von Dachstühlen nach dem Vorschlage des Oberst-Lieutenants Don Manuel Cortés y Agulló (Manilla 1873 und 1880).

Bei hölzernen Dachconstruktionen empfiehlt sich eine ordentliche Versteifung der Verbindungsstellen in einer Ausführung ähnlich jener der Knotenpunkte bei Eisenconstruktionen oder mit Eisenbändern, wie in Fig. 20 u. 21. Für die Bundespärre soll ein möglichst sattes Auflager — $\frac{2}{3}$ der Mauerstärke — geschaffen werden. Auch soll darauf Bedacht genommen werden, dass die Bundespärre stets so gesetzt werden, dass sie keine schwachen Stellen des Mauerwerkes treffen.

Dächer mit steilen Neigungen verlieren ihr Deckungsmaterial (Ziegel und Schiefer) leichter, als solche mit flacheren Neigungen. Ziegel sind mit Nägel oder Haften an das Dach zu befestigen. Ein besonderes Augenmerk ist hiebei auf die der Beschädigung am leichtesten unterliegende First-Eindeckung zu

verwenden; auch bei dieser sind die Ziegel in obiger Weise zu befestigen.

VIII. **Mauern.** Dieselben sollen leicht und widerstandsfähig hergestellt sein. Werden Mauern zu schwer ausgeführt, so kann es vorkommen, dass dieselben, besonders wenn sie noch belastet sind durch Aufbauten, Attiken u. dgl., schon in Folge jener Schwingungen brechen, die sie für sich allein zu machen hätten. Auch soll die Höhe der Hauptmauern eines Gebäudes, und damit die Gebäudehöhe selbst, eine beschränkte sein.

Auf Ischia sind nur zwei Stockwerke bis zur Höhe von zusammen 9·5 *m* gestattet. Dabei ist, wenn die Mauern in Tuffstein ausgeführt werden, eine Mauerstärke von 70 *cm* mindestens auf die Höhe von 4 *m* vorgeschrieben. Die Bau-Ordnung für Ligurien erlaubt drei Geschoße über dem Keller, bis zur Maximalhöhe von 15 *m* über dem Terrain. In Manilla wird bei den einstöckigen Bauten gewöhnlich nur das Untergeschoß gemauert, währenddem das obere Geschoß in Holzconstruction ausgeführt wird. Die Länge der Mauern, d. h. jene Distanz, auf welche dieselben keine Verbindung mit den Scheidemauern haben, soll höchstens der zweifachen Höhe derselben gleichkommen.

Vorzuziehen ist homogenes Mauerwerk; gemischtes Mauerwerk (aus Bruchsteinen und Ziegeln z. B.) ist zu vermeiden.

Schließen sind überall dort anzubringen, wo die Mauern, der ganzen Construction nach zu urtheilen, starken Schwingungen ausgesetzt sein werden. In Manilla sind auch Strebepfeiler vorgeschrieben, und zwar bei den Ecken der Gebäude sowohl, als auch bei Mauern von größerer Länge.

IX. **Balcone und Gesimse** sollen mit möglichst geringer Ausladung angelegt werden und stets eine feste Verankerung mit den Mauern erhalten. Auf Ischia ist die Maximalausladung für Balcone mit 60 *cm* und jene für Gesimse mit 30 *cm* normirt.

X. **Stiegen.** Hinsichtlich derselben sind in den bestehenden Bau-Ordnungen für Erdbebengegenden keine besonderen Vorschriften zu finden; sie bergen jedoch immer, besonders wenn sie schwer ausgeführt werden, eine gewisse Gefahr in sich, sind daher mit großer Sorgfalt zu behandeln.

In Agram werden freitragende Stiegen seit dem letzten Erdbeben nicht mehr ausgeführt; man begnügt sich durchwegs mit Spindelstiegen (Stufen beiderseits eingemauert). Zu empfehlen ist auch, dass im Stiegenhause, welches gewöhnlich, weil durch alle Stockwerke hindurchgehend, eine gewisse Trennung des Gebäudes in zwei Partien herbeiführt, durch Schließen eine genügende Verbindung dieser beiden Theile gesichert wird, damit dieselben womöglich als ein Ganzes schwingen können.

Was zum Schlusse die Baumaterialien betrifft, so wird in allen Bauvorschriften die Verwendung von besten Materialien zur Pflicht gemacht. Es sollen nur gut (scharf) gebrannte Ziegel und gut gemischter Mörtel (mit der Maschine gemischt) verwendet und zur Herstellung des letzteren neuer Kalk und rescher, erdfreier Sand gebraucht werden. In Manilla ist der Gebrauch von flüssigem Kalk, ebenso wie die Verwendung von schlechtem Mörtel, ausdrücklich verboten; desgleichen ist Salzwasser zur Mörtelbereitung nicht gestattet. Vorschrift ist ferner, dass die in Bruchstein ausgeführten Mauern bis zur vollständig erfolgten Setzung feucht zu erhalten sind. Im Allgemeinen sollen nur Baumaterialien von hoher Elasticität und großer Festigkeit (innerhalb der verlangten Grenze) verwendet werden.

Schlussbemerkung.

Werden die hiemit nur in großen Zügen skizzirten Vorschriften immer beobachtet, was durch eine strenge Handhabung der bezüglichen Bau-Ordnungen — in welche dieselben Aufnahme gefunden haben — erzielt werden kann, werden die Bauten nach den von verständigen Architekten und Baumeistern entworfenen und sorgfältig studirten Plänen erbaut, bedient man sich weiters geschickter Kräfte und bester Materialien bei der Ausführung, die am entsprechendsten in eigener Regie oder im Wege von kleineren Vergebungen, statt im Wege einer Generalvergebung, erfolgt, so wird man Bauwerke schaffen können, welche ziemlich erdbebensicher sind und selbst Erschütterungen von der Intensität des Laibacher Erdbebens im Jahre 1895 widerstehen können. Nachdem es sich hiebei durchaus um keine ganz außergewöhnlichen Maßnahmen handelt und auch ein besonders großer Kostenaufwand nicht verursacht wird, dürfte es auch nicht schwer fallen, die in vielen von Erdbeben heimgesuchten Städten noch immer anzutreffenden Nachlässigkeiten und Leichtfertigkeiten zu meiden und einfach solide und zweckmäßig zu bauen. Man braucht nur zu wollen und dem Willen auch die That folgen zu lassen!

